

d.

ISBN : 978-979-25-1955-6

7.

# PROSIDING

Seminar Nasional Fisika



Padang, 8 Oktober 2015

Editor :  
Ardian Putra  
Mohamad Ali Shafii



Andalas  
Physics

# **PROSIDING**

**Seminar Nasional Fisika  
Universitas Andalas  
(SNFUA)  
Padang, 08 Oktober 2015**

**Editor :  
Ardian Putra  
Mohamad Ali Shafii**



**Jurusan Fisika  
Universitas Andalas**

Prosiding  
Seminar Nasional Fisika  
Universitas Andalas (SNFUA) 2015  
Padang, 08 Oktober 2015  
2015 © Ardian Putra

ISBN 978-979-25-1955-6  
Cetakan Pertama, Oktober 2015  
Editor : Ardian Putra, Mohamad Ali Shafii  
Perancang Sampul : Elistia Liza Namigo

Tim Reviewer:  
Dr. Harmadi  
Dr. Techn. Marzuki  
Dr. Mohamad Ali Shafii  
Dr.rer.nat. Muldarisnur  
Afdal, M.Si  
Astuti, M.Si  
Dian Milvita, M.Si  
Sri Handani, M.Si

Diterbitkan Oleh:  
Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang  
Telp. (0751) 71671, Fax (0751) 73118  
HP. 082387463421  
Email: [jurnal.fisika@fmipa.unand.ac.id](mailto:jurnal.fisika@fmipa.unand.ac.id)  
<http://fisika.fmipa.unand.ac.id/>

*Hak cipta dilindungi undang-undang / All Right Reserved*

*Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi,  
atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi  
buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.*

# Kata Pengantar

Prosiding ini merupakan kumpulan makalah lengkap yang diseminarkan pada acara Seminar Nasional Fisika (SNFUA) 2015 di Convention Hall, Kampus Universitas Andalas, Limau Manis, Padang pada tanggal 08 Oktober 2015. Isi prosiding ini terdiri dari 48 makalah yang meliputi aspek keilmuan fisika, menyangkut fisika material, fisika bumi, fisikainstrumentasi dan elektronika, fisika nuklir dan radiasi serta fisika teoritik dan komputasi.

Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu terbitnya prosiding ini, semoga berguna bagi perkembangan ilmu fisika.

Padang, 08 Oktober 2015

Editor



# Daftar Isi

Kata Pengantar .....	i
Kata Sambutan .....	ii
Daftar Isi .....	iii
Peran Ilmu Fisika Dalam Inovasi <i>Fiber Optic Sensor</i> Untuk Instrumentasi Kebencanaan <b>Bambang Widiyatmoko, Andi Setiono, Dwi Hanto</b> .....	1
Nanofotonik: Mengontrol Interaksi Antara Cahaya – Bahan Pada Skala Nano <b>Muldarisnur</b> .....	9
Penentuan Senyawa – Senyawa Kimia dari Berbagai Macam Cangkang Telur Menggunakan Fourier Transformation Infra Red (FTIR) <b>Elda Rayhana, Musfirah Cahya Fajrah, Ramdani Nuzul</b> .....	22
Sifat Elektrokimia Superkapasitor Menggunakan Metode Charge Discharge Untuk Elektroda Karbon Dari Kayu Karet <b>E. Taer, Zulkifli, R. Syech, R. Taslim</b> .....	28
Karakterisasi <i>I-V</i> Sensor Gas <i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG) Dari Bahan Semikonduktor CuO Didoping TiO <sub>2</sub> <b>Elvaswer, Essy Puspa Zelvia</b> .....	32
Karakteristik Mekanik Beton Polimer Yang Difabrikasikan Menggunakan Batu Apung Dan Limbah Padat Benang Karet Dengan Pengikat Alami ( <i>Natural Binder</i> ) Poliuretan <b>Fauzi, Tamrin, Anwar Dharma Sembiring, Riduan Sani</b> .....	39
Sintesis Nanopartikel Silika Dari Pasir Pantai Purus Padang Sumatera Barat Dengan Metode Kopresipitasi <b>Rahma Hayati</b> .....	46
Pengaruh Penambahan Gula Jagung Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradabilitas Plastik Campuran <i>Polypropylene</i> Bekas Dan Pati Sagu <b>Sri Mulyadi Dt.Basa, Maria Elvi Hutagalung</b> .....	52
Analisis Model Matematika Sistem Getaran Mekanik Satu Derajat Kebebasan Untuk Menentukan Kestabilan Pergerakan Suspensi <b>Rusmanto Dwi Saputra, Novizal, Amir</b> .....	59
✓ Sintesis Dye dari Rimpang Kunyit, Akar Beet dan Daun Pandan serta Campuranya untuk aplikasi <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC) <b>Dahyunir Dahlan, Tjiauw Siaw Leng</b> .....	67
Efek Waktu <i>Wet Milling</i> dan Suhu <i>Annealing</i> Terhadap Sifat Fisis, Mikrostruktur dan Magnet Dari <i>Flakes</i> NdFeB <b>Wahyu Solafide Sipahutar, Awan Maghfirah, Prijo Sardjono</b> .....	72
Efek Temperatur Sintering pada Ukuran Kristal dan Konstanta Dielektrik Material Ferroelektrik Barium Titanat <b>Y.Iriani, A.Supriyanto, A.Jamaluddin, M.Istiqomah</b> .....	80



Penentuan Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pariaman Sumatra Barat Dengan Menggunakan Magnetic Probe Pasco 2126 <b>Erwin, Usman Malik dan Amril Fahmi</b> .....	86
Pengaruh Substitusi Agregat Kasar dengan Serat Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton K-350 Menggunakan Semen Portland Komposit <b>Ayu Sucia Rahmi, Sri Handani, Sri Mulyadi</b> .....	91
Pengaruh Suhu Pengaktifan CO <sub>2</sub> Terhadap Luas Permukaan Elektroda Karbon Dan Sifat Kapasitan Sel Superkapasitor Dari Kayu Karet <b>E. Taer, W. S. Mustika, Zulkifli, I.D.M. Syam, Rika Taslim</b> .....	96
Ukuran Kristal Zat Besi (Fe) Semangka Tanpa Biji (Quality) Melalui Perhitungan Scherer dari X-Ray Diffraction <b>Musfirah Cahya Fajrah</b> .....	101
Studi Awal Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa Produksi Petani Sebagai Adsorben Ion Besi Pada Air Sumur Warga Dikota Dumai <b>Rika Taslim, Ade Putra Pratama, Erman Taer</b> .....	106
Model Kecepatan Lokal Gelombang P Satu Dimensi Wilayah Toba <b>Dimas Salomo J. Sianipar, Furqon Dawam Raharjo</b> .....	110
Estimasi Temperatur <i>Reservoir</i> Panas Bumi Berdasarkan Resistivitas Listrik Teras Silika di Sekitar Mata Air Panas Kecamatan Alam Pauh Duo, Kabupaten Solok Selatan <b>Eko Budi Nugroho, Ardian Putra</b> .....	117
Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Di Sumatera Barat Dan Bengkulu Berdasarkan Skenario Gempa Bumi Di Wilayah Pagai Dengan Menggunakan Rumusan Si Dan Midorikawa 1999 <b>Denisa Syafriana, Dwi Pujiastuti, Andiyansyah Z.Sabarani</b> .....	122
Anomali Temperatur Dan Awan Gempa Yang Mengiringi Gempa Nepal 2015 <b>Marzuki</b> .....	132
Prediksi Kedalaman Akuifer Bebas Rata-Rata Studi Kasus Kecamatan Rumbai Kota Pekanbaru <b>Juandi M., Rofeah, Defrianto</b> .....	138
Karakteristik Osilasi Curah Hujan di Sumatera Barat Berdasarkan Transformasi Wavelet <b>Poltak Sandro Rumahorbo, Marzuki</b> .....	143
Studi Variasi Spasial Seismotektonik Untuk Mengetahui Kondisi Stress Lokal Tektonik dan Tingkat Aktivitas Kegempaan Disumatera Barat Dan Sekitarnya <b>Furqon Dawam Raharjo, Rahmat Triyono</b> .....	150
Perbandingan Variasi <i>Diurnal</i> Distribusi Ukuran Butiran Hujan di Padang dan Di Kototabang <b>Rio Chandra, Marzuki, Mutya Vonnisa, Hiroyuki Hashiguchi</b> .....	158
Analisis Parameter Fisis Kolektor Biomassa Sebagai Pengering Kerupuk Singkong <b>Juandi M., Eka Afriyani, Salomo</b> .....	164
Pemetaan Tingkat Bahaya Gempabumi Berdasarkan Karakteristik Dinamika Tanah Respon Data Mikrotremor Kota Padang, Sumatera Barat <b>Saaduddin, Sismanto, Marjiyono</b> .....	170



86	Pengamatan Mikrofisika Hujan Menggunakan Dual Frekuensi Radar Dan Joss-Disdrometer <b>Mutya Vonnisa</b> .....	179
91	Statistik <i>Worst Month</i> Curah Hujan Kototabang <b>Marzuki</b> .....	184
96	Pembuatan LVDT <i>Weigh Cell</i> untuk Pengukuran Berat Sebagai Kontrol Sistem Pengisian <b>Erwinsyah Satria</b> .....	189
101	Rancang Bangun Sistem Kendali Robot Tangan Menggunakan <i>Bluetooth</i> Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 <b>Afridanil, Wildian</b> .....	198
106	Karakterisasi Elektroda Biochip-G IMOLA-IVD Menggunakan Larutan Phosphate Buffer Saline Sebagai Sensor $pO_2$ Pada Deteksi Pencemaran Air <b>Lazuardi Umar, Valendry Harvenda, Joachim Wiest</b> .....	206
110	Pengembangan Alat Uji Otomatis Karakteristik Dioda dan PTC Berbasis Mikrokontroler ATmega8A <b>Yanuar Hamzah, Rahmondia N. Setiadi, Lazuardi Umar</b> .....	210
117	Rancang Bangun <i>Magnetic Stirrer</i> Berbasis Mikrokontroler AT89S52 Dengan Lama Pengadukan Ditentukan Melalui <i>Keypad</i> <b>Wildian, Meqorry Yusfi, Hariza Faisal</b> .....	218
122	Rancang Bangun Alat Ukur Laju Pernapasan Manusia Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 <b>Wendi Era Sonata, Wildian</b> .....	225
132	Sensor Planar Induktif Berbasis Bahan PCB FR-4 Untuk Pengukuran Jarak Kecil <b>Usman Malik, Rahmondia N. Setiadi, Lazuardi Umar</b> .....	232
138	Rancang Bangun Sistem Peningkat Kadar $O_2$ dalam Ruang Dengan Memanfaatkan Proses Elektrolisis <b>Meqorry Yusfi, Amirsyah, Derisma</b> .....	241
143	Pemodelan Kurva $I(V)$ <i>Normal Light</i> dan <i>Dark Current</i> Modul PV Untuk Menentukan Unjuk Kerja Solar Sel <b>Lazuardi Umar, Yanuar, Rahmondia N. Setiadi</b> .....	248
150	Penentuan Efektivitas Penahan Radiasi dan Evaluasi Desain Ruang Instalasi Radioterapi RSUP Dr. M Djamil Padang Berdasarkan Safety Reports Series (Srs) Iaea No. 47 <b>Dian Milvita, Imam Taufiq, Nunung Nuraeni, Helfi Yulianti, Suryawati Arifin</b> .....	253
158	Analisis Neutronik <i>Lead-Bismuth Cooled Fast Reactor</i> (LFR) Berdasarkan Variasi Daya Keluaran <b>Cici Rahmadya Guskha, Mohammad Ali Shafii, Feriska Handayani Irka, Zaki Su'ud</b> ....	258
164	Analisis Neutronik <i>Gas Cooled Fast Reactor</i> (GCFR) Menggunakan Uranium Alam Dengan Variasi <i>Shuffling Region</i> Arah Radial <b>Feriska Handayani Irka, Zaki Su'ud</b> .....	264

Analisis Biodistribusi $Tc^{99m}$ Perteknetat Pada Kelenjar Tiroid dan Kelenjar Ludah Pasien <i>Struma Uni Nodosa</i> dan <i>Struma Multi Nodosa</i> Fandi Aulia Ilham, Dian Milvita, Fadil Nasir, Chavied Varuna .....	273
Perhitungan Matriks <i>Collision Probability</i> Dalam Sel Bahan Bakar Nuklir Berbentuk Silinder Mohammad Ali Shafii .....	279
Penentuan <i>Uptake</i> Tiroid Dari $Tc^{99m}$ Perteknetat ( <i>In Vivo</i> ) Dan Uji Hormon Tiroid ( <i>In Vitro</i> ) Pada Pasien Hipertiroid Silvia Eka Putri, Dian Milvita, Fadhil Nazir, Chavied Varuna .....	284
Perhitungan Nilai Kisi Kristal Hexagonal Berdasarkan Pola Difraksi Sinar-X Megggunakan Sub Routine Bisection Erwin, Defrianto, Adhy Pryayitno, Fikri Aldi .....	288
Analisis Dan Visualisasi Gerak Triple Pendulum Nonlinier Menggunakan Mathematica 10 Russell, Tua Raja Simbolon, Mester Sitepu .....	294
Model Distribusi Panas Saluran Gas Buangan Kendaraan Untuk Optimalisasi Elemen Peltier Sebagai Generator Ternal Walfred Tambunan, Defrianto, Yanuar Hamzah, Lazuardi Umar .....	299
Ketergantungan Karakteristik I-V Molekul DNA PolyG-PolyC pada Frekuensi Getar Gerak Memutar Pasangan Basa Efta Yudiarsah .....	305



## SINTESIS DYE DARI RIMPANG KUNYIT, AKAR BEET DAN DAUN PANDAN SERTA CAMPURANYA UNTUK APLIKASI DYE SENSITIZED SOLAR CELLS(DSSC)

Dahyunir Dahlan, Tjiauw Siaw Leng  
Jurusan Fisika, FMIPA - Universitas Andalas  
Kampus LimauManis, Pauh, Padang 25163  
e-mail: dahyunir@yahoo.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi dye organik dari bahan rimpang kunyit(*Curcuma Domesticae Rhizoma*), akar bit (*Beta Vulgaris*), daun pandan (*Pandanus Amaryllifolius Rexb*), dye campuran rimpang kunyit dan daun pandan, dye campuran akar bit dan daun pandan serta dye campuran akar bit dan rimpang kunyit. Bahan-bahan dye dihaluskan secara mekanik dengan mortar, kemudian dilarutkan dalam etanol sehingga membentuk larutan dye. Larutan tersebut disaring dengan kertas saring Whatman 1001125. Larutan dye yang telah disaring kemudian dikarakterisasi dengan *Spectrophotometer UV-Vis (ultra violet-visible)*. Didapatkan hasil spektrofotometri *UV-Vis* untuk puncak panjang gelombang serapan rimpang kunyit, akar beet dan daun pandan masing-masing adalah 468,03 nm, 534,85 nm dan 668,99 nm. Campuran dye dengan rentang gelombang lebar sangat berguna untuk diaplikasikan pada DSSC, karena lebih banyak energi matahari yang diubah menjadi energi listrik.

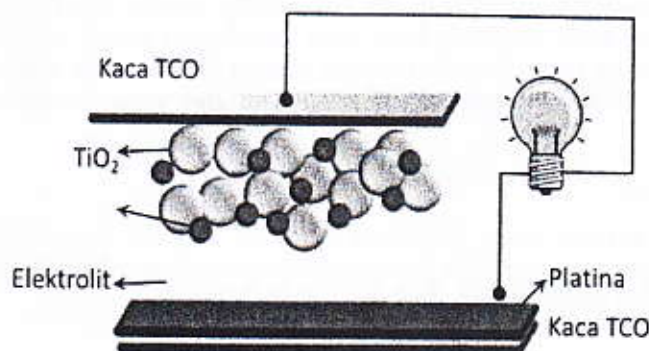
Kata Kunci: DSSC, kunyit, akar beet, daun pandan, dye tunggal, dye campuran.

### ABSTRACT

The synthesis and characterization of organic dye from material turmeric(*Curcuma Domesticae Rhizoma*), beetroot(*Beta vulgaris*), pandanus(*Pandanus amaryllifolius Rexb*), dyemixture of turmeric and pandanus leaves, the dyemixture of beet root and leaves of pandanus and dyemixture of beet root and turmeric have been Prepared. Dye materials mechanically crushed with a mortar and then dissolved in ethanol to form a dye solution. The solution was filtered by What man filter paper 1001125. Dye solution is filtered and then characterized by *UV-Vis Spectrophotometer (ultraviolet-visible)*. The results of *UV-Vis* spectrophotometry was obtained for peak absorption wavelength of turmeric, beetroot and leaves of pandanus respectively are 468.03nm, 534.85nm and 668.99nm. A mixture of dye with a wide range of wavelengths is very useful for application in DSSC, because more solar energy is converted into electrical energy.

### 1. PENDAHULUAN

*Dye Sensitized Solar Cells* (DSSC) merupakan sel surya generasi ketiga (Kalyanasundaram K., 2010 ) yang mendapat banyak perhatian ilmuwan dan dunia industri keenergian. DSSC merupakan kandidat utama energi terbarukan di masa sekarang dan masa depan. Secara umum DSSC terdiri atas komponen-komponen fotoanoda, zat elektrolit dan elektroda lawan (*counter electrode*).



Gambar 1: Struktur standar DSSC

Fotoanoda merupakan bagian dari DSSC dengan kaca substrat TCO (*transparent conductive oxide*) yang pada permukaan konduktifnya, semikonduktor  $\text{TiO}_2$  (Titanium oksida) dideposisikan dan dye menempel pada  $\text{TiO}_2$ . Larutan elektrolit berfungsi menjaga keberlangsungan reaksi reduksi



oksidasi pada DSSC. Umumnya larutan yang dipakai merupakan pasangan ion iodida dan ion triiodida ( $I^-/I_3^-$ ). Elektroda lawan umumnya berupa substrat TCO yang dilapisi dengan platina, emas atau karbon, berfungsi mempercepat kinetika reaksi reduksi ion triiodida menjadi ion iodida.

Dye merupakan salah satu bagian penting pada DSSC, dan secara umum dibedakan atas dye sintesis dan dye alami. Dye sintesis umumnya berasal dari kompleks polipiridil seperti Ruthenium, Osmium, Porfirin dan lainnya. Dye yang berasal dari senyawa kompleks Ruthenium memiliki beberapa kelebihan, diantaranya menghasilkan efisiensi yang tinggi, memiliki stabilitas yang tinggi dan menyerap spektrum cahaya yang cukup lebar (Hernandez, dkk., 2013). Kekurangan dye jenis sintesis adalah jumlahnya yang terbatas di alam, beracun mahal dan proses sintesisnya yang rumit. Dye alami umumnya berasal dari bagian daun, bunga, batang(kulit), biji, buah dan akar tanaman. Dye alami menarik perhatian karena ramah lingkungan, murah, tersedia melimpah dan sensitif terhadap cahaya yang berintensitas rendah (Park, dkk., 2012). Namun memiliki kekurangan dalam hal stabilitas yang rendah, mudah tergradasi oleh air dan sinar ultraviolet.

Pemilihan jenis dye alami dan pengolahan yang tepat dapat mengatasi keterbatasan penggunaan dye alami. Dye memiliki pigmen warna yang berbeda-beda menyerap panjang gelombang yang berbeda pula. Dye alami yang digunakan sebagai foto sensitiser berasal dari Coumarin, Antosianin, Cyanin, Indolin, Hemicyanin, Triphenilamin, dialkilanilin dan sebagainya (Chiang, dkk., 2013; Monishka, 2011). Penggunaan dua atau lebih jenis dye yang berbeda warna akan memberikan keuntungan bagi DSSC karena dapat menyerap panjang gelombang dalam rentang yang lebih lebar (Park, dkk., 2014; Cho, dkk., 2014). Disamping itu gugus fungsi yang berbeda membuat dye yang memiliki gugus karboksilat dapat menempel dengan baik pada semikonduktor  $TiO_2$ . Hasilnya efisiensi DSSC dapat meningkat dibanding penggunaan dye tunggal.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Pemilihan Dye Alami

Dye alami yang akan dijadikan sebagai sensitiser pada DSSC dipilih berdasarkan panjang gelombang serapnya, seperti dye dari klorofil menyerap panjang gelombang 600-700 nm, dye yang mengandung antosianin dengan panjang gelombang 500-600 nm. Faktor lain dye alami yang baik pada DSSC adalah dye yang dapat menempel dengan baik pada material semikonduktor, seperti dye dari kunyit yang menempel kuat pada material. Pada penelitian ini dye yang digunakan berasal dari rimpang kunyit (*Curcuma Domesticae Rhizoma*) yang mengandung kurkumin yang memberikan warna kuning. Akar bit (*Beta Vulgaris*) dan daun pandan (*Pandanus Amaryllifolius Rexb*) juga digunakan sebagai sumber dye.

### 2.2 Pembersihan Bahan Dye Alami

Bahan-bahan dye alami dari rimpang kunyit, akar bit dan daun pandan dibersihkan dengan air ledeng, dibilas beberapa kali dan terakhir dibilas dengan air suling. Kemudian akar bit dan rimpang kunyit dikupas kulitnya sampai bersih.

### 2.3 Proses Pengeringan dan Penggerusan Dye Alami

Daun pandan yang telah dibersihkan, ditaruh di atas tisu, ditutup dengan tisu dan dibiarkan sampai kering. Setelah kering, daun pandan dipotong kecil-kecil dan digerus dalam mortar sampai halus. Akar bit dan rimpang kunyit yang sudah dibersihkan juga digerus dalam mortar sampai halus. Penggerusan bahan-bahan tersebut dilakukan pada ruang gelap agar dye tidak bereaksi dengan cahaya.

### 2.4 Proses Perendaman Dye Alami

Bahan-bahan dye alami yang sudah halus, ditimbang sebanyak 10 gram dengan timbangan digital dan dicampur dengan 50 ml etanol murni dalam botol gelap dan dibiarkan selama kurang lebih 2 jam, supaya pigmen-pigmen dye larut dalam etanol.

### 2.5 Proses Penyaringan Dye Alami

Larutan dye yang telah direndam selama 2 jam disaring dengan kertas saring berpori kecil merek Whatman 1001125. Ekstrat hasil penyaringan selanjutnya disimpan dalam botol gelap dan siap digunakan sebagai sumber dye pada DSSC.



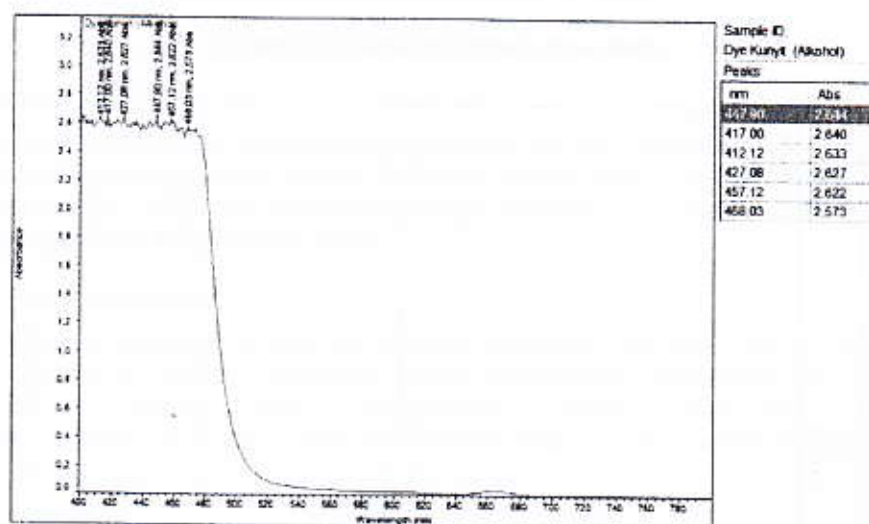
## 2.6 Karakterisasi dengan Spektrofotometer UV-Vis (*Ultraviolet-Visible*)

Karakterisasi dye dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui tingkat serapan dan panjang gelombang yang diserap oleh larutan untuk dye tunggal dan dye campuran. Pengukuran dengan spektrometer UV-Vis dilakukan pada dye yang berasal dari daun pandan, akar bit, rimpang kunyit, dye campuran pandan-kunyit, dye campuran pandan-akar bit, dye campuran kunyit-akar bit. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1-6.

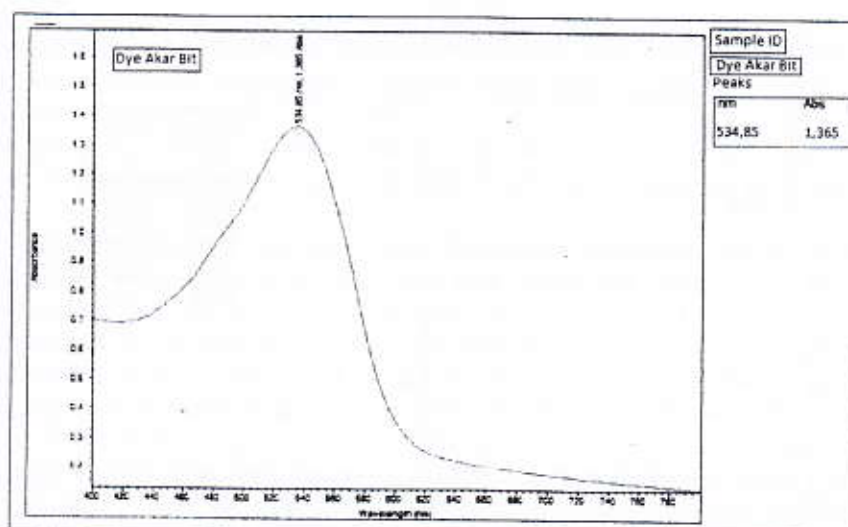
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik 1 hingga 6 menunjukkan hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis. Puncak panjang gelombang yang diserap oleh dye kunyit, dye akar bit dan dye daun pandan masing-masing adalah 468,03 nm, 534,85 nm dan 668,99 nm.

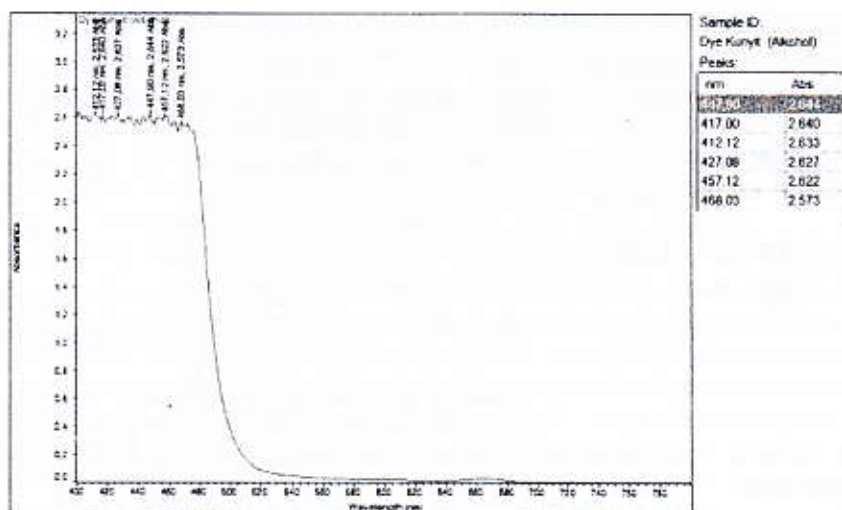
Dari hasil pengukuran UV-Vis panjang gelombang berbeda-beda yang diserap dapat dimanfaatkan sebagai dye pada DSSC. Penggunaan campuran dua jenis dye atau lebih membuat daya absorpsi DSSC terhadap cahaya tampak menjadi lebih efektif karena lebih lebarnya panjang gelombang yang diserap.



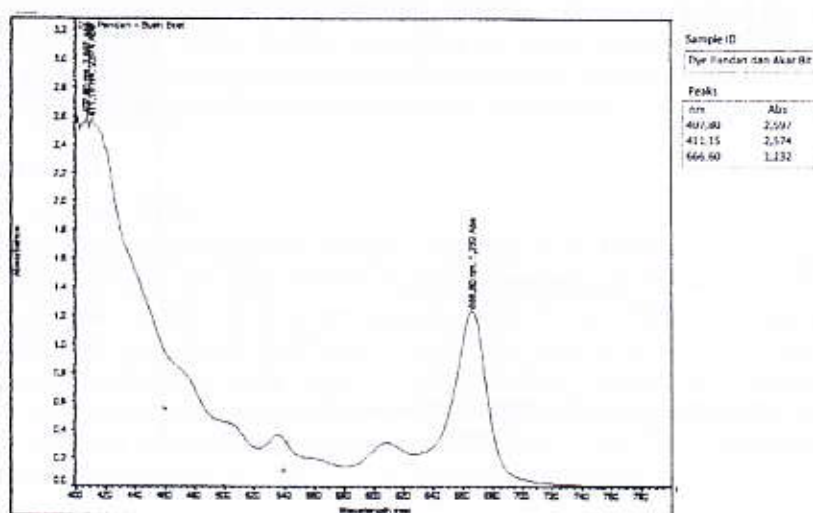
Gambar 1. Spektrum absorpsi akar bit



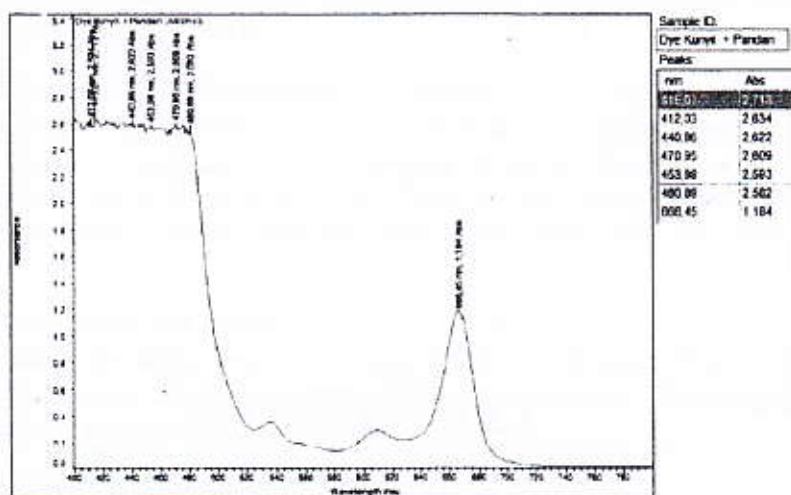
Gambar 2. Spektrum absorpsi kunyit



Gambar 3. Spektrum absorpsi pandan

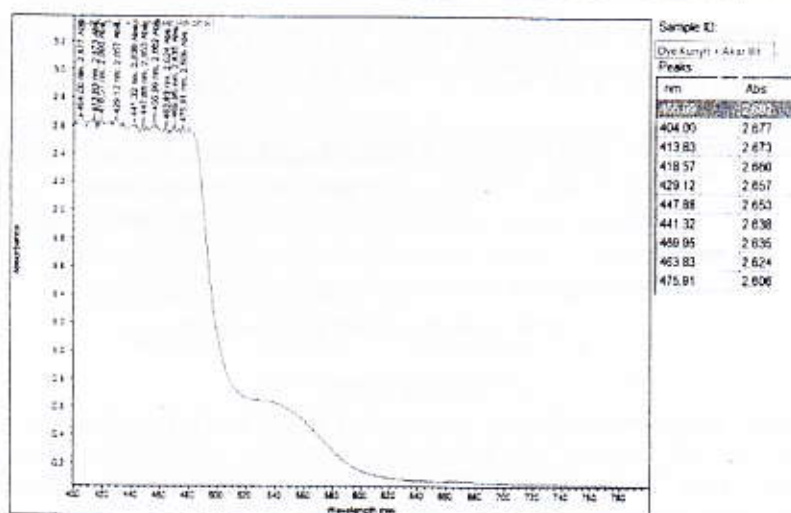


Gambar 4. Spektrum absorpsi akar bit dan pandan



Gambar 5. Spektrum absorpsi kunyit dan akar bit





Gambar 6 Spektrum absorpsi kunyit dan pandan

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian sintesis Dye rimpang kunyit, akar bit dan daun pandan menunjukkan bahwa dye-dye diatas dapat digunakan sebagai sumber dye untuk aplikasi DSSC organik. Selain itu penggunaan campuran dye-dye ini diharapkan akanmeningkatkan efisiensi pada DSSC karena rentang panjang gelombang yang diserap menjadi lebih lebar.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan kebudayaan RI melalui DIPA (Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran).Universitas Andalas No DIPA:023.04.1.673453/2015, atas bantuan pembiayaan pada penelitian Hibah Program Pascasarjana Unand 2015 ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Chen Yu Chiang dan Hsu Dar Ban, 2013, 'Optimization of the dye sensitized solar cell with anthocyanin as photosensitizer', *Solar Energy, Elsevier*, vol.98, pp. 203-211.
- Cho Ching Kun, Chang Ho, Chen Hao Chih, Kao Jung Mu dan Lai RongXuan, 2014, 'A study of Mixed Vegetable Dyes with Different Extraction Concentrations for Use as a Sensitizer forDye Sensitized Solar Cells', *Hindawi Publishing Corporation International journal of Photoenergy*, vol. 10, pp. 1155-1160.
- Kalyanasundaram K., 2010, 'Photochemical and photoelectrochemical approaches to energy conversion', in Kalyanasundaram K. (ed) *Fundamental sciences dye sensitized solar cells*, EPFL, Switzerland, pp. 9
- Martinez Hernandez, Estevez Miriam, Vargas Susana,F. Quintanilla dan R. Rodriguez., 2013, 'Stabilized Conversion Efficiency and Dye Sensitized Solar Cells from Beta Vulgaris Pigment', *Int. J. Mol. Sci*, vol. 14, pp. 4081-4093.
- Park Hee Kyung, Kim Young Tae, Han Shin, Ko Seok Hyun, Lee Ho Suk, SongMin Yong, Kim Hun Jung dan Lee Wook Jae., 2014, 'Light Harvesting over a wide Range of Wavelength using natural dyes of gardenia and cochineal for dye Sentsitized solar cells', *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Elsevier*, vol. 128, pp. 868-873.
- Park H. Kyung, Kim Y. Tae, Park Young Ju, Jin Mei En, Yim Ho Soon, Fisher Gerald John dan Lee Wook Jae., 2012, 'Photochemical properties of dye sensitized solar cell using mixed natural dyes extracted from Gardenia Jasminode Ellis', *Journal of Electroanalytical Chemistry, Elsevier*, vol. 689, pp. 21-25.
- Narayan Rita Monishka, 2011, 'Review: dye Sensitized solar cells based on natural photosensitizers', *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier*, vol. 16, pp. 208-215.